

Proizvodnja vatrootpornih iverica

PRODUCTION OF FIRE RETARDANT PARTICLEBOARDS

Dr Salah Eldien Omer
Institut za drvo — Zagreb

UDK 630*862.2:630*843.3

Prispjelo: 8. siječnja 1985.
Prihvaćeno: 25. travnja 1985.

Izvorni znanstveni rad

Sažetak

U članku je dan kratki prikaz doktorske disertacije koju je obranio autor u prosincu 1983. godine. Zadatak radnje bio je »istraživanje mogućnosti izrade vatrootpornih ploča iverica koje se s obzirom na ponašanje u vatri mogu upotrijebiti u građevinarstvu i brodogradnji«. Dodavanjem različitih vatrozaštitnih kemijskih sredstava po vrsti i količini na različitim mjestima u proizvodnji, dobivaju se različiti utjecaji na svojstva ploča. Fizičko-mehanička svojstva izrađenih ploča smanjuju se dodavanjem kemijskih sredstava. Vatrootporna svojstva većine izrađenih ploča povećavaju se ovisno o vrsti dodanih sredstava i mjestu dodavanja.

Rezultati su dani komparativno, fizičko-mehanička svojstva i vatrootporna svojstva u nekoliko tablica.

Ključne riječi: Vatrootporna iverica — fizička i mehanička svojstva — vatrootpornost.

Summary

The article gives a brief review on the Doctoral Dissertation which the author defended in December 1983. The objective of his Dissertation was »Research of possibilities to manufacture fire retardant particleboards which according to their behavior to fire can be used in building construction and ship-building«.

By addition of various fire-resistant chemicals after the type and amount on different places of production, various effects on particleboard properties have been obtained. Physical and mechanical properties of manufactured particleboards have been reduced by addition of chemicals. Fire retardant properties of most manufactured particleboards have been increased depending on a type of added agents and the place where these have been added. Results have been given comparatively in several tables — physical and mechanical properties and fire retardant properties.

Key words: fire retardant particleboard — physical and mechanical properties — fire resistance (A. M.)

UVOD

U članku »Laboratorijska ispitivanja mogućnosti proizvodnje vatrootpornih iverica« [10] prikazana su i opisana vatrozaštitna sredstva koja se upotrebljavaju za zaštitu materijala na bazi drva. Iznosena su ranija iskustva i pokušaji zaštite i usporavanja gorenja kod iverica dodavanjem kemijskih sredstava. Posebno je obrađen pokusni eksperiment i dani su njegovi rezultati kod laboratorijski izrađene vatrootporne iverice.

U ovom se članku obrađuje metodologija rada, podaci o upotrijebljenoj sirovini, primijenjena kemijska vatrozaštitna sredstva i rezultati ispitivanja. Na kraju će se razmotriti mogućnosti realizacije tehnike proizvodnje takvih ploča iverica u već postojećoj standardnoj tehnologiji.

* Rad je skraćeni prikaz disertacijske radnje, koja je obranjena na Šumarskom fakultetu, Sveučilišta u Zagrebu.

1.0. ZADATAK

1.1. Definiranje zadatka

Osnovni zadatak bio je istražiti mogućnosti izrade vatrootporne troslojne iverice, koja bi se upotrebljavala u građevinarstvu i brodogradnji. U tu je svrhu bilo potrebno izraditi ploče iverice s raznim vatrozaštitnim kemijskim sredstvima, uz različiti postotak njihova udjela (odnosno s različitim količinama dodanih vatrozaštitnih sredstava). Nadalje, trebalo je ustanoviti koja je faza u proizvodnji najpogodnija za dodavanje vatrozaštitnih kemijskih sredstava, pri izradi iverica s iverjem koje se upotrebljava za izradu klasičnih troslojnih iverica. Izrađene ploče s dodatkom vatrozaštitnih kemijskih sredstava treba da, kolikogod je moguće, zadrže fizičko-mehanička svojstva netretiranih ploča uz poboljšanje otpornosti na širenje plamena (požara) i usporavanje širenja plamena po površini ploča.

1.2. Cilj istraživanja

Na temelju osnovnog zadatka razrađeni su ciljevi istraživanja, koji se navode u nastavku:

1.1.1. Analiza vrsta vatrozaštitnih kemijskih sredstava i mogućnosti njihove upotrebe;

1.1.2. Proizvodnja laboratorijskih vatrootpornih ploča iverica s najefikasnijim kemijskim sredstvima koja su dostupna i mogu se nabaviti;

1.1.3. Utvrditi najjednostavniji način dodavanja tih kemijskih sredstava u toku proizvodnje i najpovoljnije agregatno stanje;

1.1.4. Ustanoviti stupanj utjecaja dodavanja vatrozaštitnog kemijskog sredstva na najvažnija fizičko-mehanička svojstva ploča. Ispitivanje svojstava vatrootpornih ploča bitnih za iverice kao materijal u građevinarstvu i brodogradnji;

1.2.5. Ispitivanje stupnja vatrootpornosti ploča iverica (efekata dodavanja vatrozaštitnog kemijskog sredstva) na temelju određivanja brzine širenja plamena (požara) i gubitka mase ploča proizvedenih uz dodatak tih sredstava.

1.2.6. Analizirati postojeće prijedloge i standarde za ispitivanje vatrootpornosti materijala s posebnim osvrtom na prijedloge za ispitivanje brzine širenja plamena i gubitka mase materijala.

1.2.7. Predložiti novu jednostavnu metodu za ispitivanje vatrootpornosti pločastih materijala na bazi drva. Preporučiti aparaturu koja bi se mogla primijeniti u laboratorijskim uvjetima.

1.3. Metode istraživanja

Prema osnovnom zadatku i ciljevima istraživanja, postavljena je metoda rada kako slijedi:

KARAKTERISTIKE MJESAVINA LJEPILA I KEMIJSKOG SREDSTVA
CHARACTERISTICS OF ADHESIVE AND CHEMICAL AGENT MIXTURE

Tablica I

Table I

	Postotak dodane količine %	Fenolna ljepila (Fenofix-200) s dodatkom sredstva			Urea ljepila (Lendur-100) (UF-1) s dodatkom sredstva		
		Silka sill (S)	Boraks i borna kiselina	Basilit Dreifach (KD)	Silka sill	Boraks i borna kiselina	Basilit Dreifach (KD)
1	2	3	4	5	6	7	8
Boja	5	narančasto-žuta	narančasto-žuta		mliječno-bijela	mliječno-bijela	mliječno-narančasta
	10	isto	isto		isto	isto	isto
	15	isto	isto		isto	isto	isto
	20	narančasto-smeđa	narančasto-žuta		mliječno-bijela	mliječno-bijela	mliječno-narančasta
Viskozitet po Höppleru	5	39,03 mPa . s	177,0 mPa . s		157,7 mPa . s	86,54 mPa . s	77,3 mPa . s
	10	67,79 mPa . s	645,75 mPa . s		559,88 mPa . s	105,05 mPa . s	87,2 mPa . s
	15	ne može se izmjeriti	2050,7 mPa . s		ne može se izmjeriti	113,04 mPa . s	108,87 mPa . s
	20	ne može se izmjeriti	isto		ne može se izmjeriti	isto	isto
pH vrijednost	5	10	9		9	8,5	7
	10	9,5	isto		9	8,0	6,5
	15	9,5	isto		9	8,0	6,5
	20	9,5	isto		8	8,0	6,5
Gustoća pri 20°C	5	1,1453	1,143		1,210	1,226	1,220
	10	1,1453	1,152		1,120	1,234	1,214
	15	—	—		—	—	—
	20	1,240	1,178		ne može se izmjeriti	1,250	1,234
Vrijeme skladištenja pri 20°C	5	do 2 h	do 2 h		do 2 h	do 2 h	do 2 h
	10	do 2 h	do 2 h		do 2 h	do 2 h	do 2 h
	15	do 1,5 h	do 1,5 h		do 1,5 h	do 1,5 h	do 1,5 h
	20	do 1 h	do 1 h		do 1 h	do 1 h	do 1 h

Nakon dodatka Basilita, smjesa s ljepilom odmah se skrutne i razvija se amonijak

1.3.1. Laboratorijska izrada nekoliko ploča iverica s kemijskim vatrootpornim (vatrosporavajućim) sredstvima. Laboratorijsko ispitivanje odmah nakon kondicioniranja.

1.3.2. Izrada opširnijeg plana pokusa s tri utjecajna faktora i dva nivoa djelovanja (2³).

1.3.3. Izrada laboratorijske ploče prema planu pokusa u jednoj od tvornica iverica.

1.3.4. Ispitivanje fizičkih i mehaničkih svojstava tih ploča i vatrootpornosti ploča prema odabranoj metodi.

2.0. SIROVINE ZA IZRADU VATROOTPORNE PLOČE IVERICE

2.1. Iverje za izradu ploča

Iverje za izradu ploča iverica, prema postavljenim tehnološkim parametrima, proizvedeno je u Tvornici iverica DI »Česma« Bjelovar. Iverje je dobiveno od slijedećih vrsta drva: bukva, joha, vrba, topola, lipa, grab, jela i smreka. Iverje za srednji sloj (SS) imalo je maksimalnu širinu 4,0 mm, srednju 0,56 mm, i minimalnu 0,15 mm. Iverje za vanjski sloj (VS) imalo je maksimalnu širinu 2,1 mm, srednju 0,75, a minimalnu 0,3 mm.

Vlaga iverja ustanovljena neposredno prije upotrebe za vanjski je sloj iznosila 6,5%, a za srednji 3,0%.

2.2. Ljepila i vatrozaštitna sredstva

Kod izbora ljepila prednost je dana ljepilu koje se najčešće upotrebljava u proizvodnji klasične ploče iverice i onom koje daje veću vodootpornost proizvedene ploče. U proizvodnji se najčešće upotrebljava karbamidno-formaldehidno ljepilo (K. F.). Kao vatrozaštitna sredstva dodavana su sredstva pod neizvornim: Silka sill, Boraks s bornom kiselinom i Basilit Dreifach. Podaci o ljepilima i zaštitnom sredstvu prikazani su u tablici I.

Prema kombinacijama karakteristika iznesenih u tablici I ispitano je utjecaj dodavanja vatrozaštitnih sredstava ljepilu na svojstva mješavine. Izvršena je usporedna analiza ljepila i ljepila s dodatkom sredstva pomoću infracrvene spektralne analize. Nadalje je ispitana površinska napetost ljepila i ljepila s dodatnim sredstvom. Poznato je da je površinska napetost ljepila jedan od pokazatelja njegovih svojstava, osobito onih što se odnose na kvašenje. Ljepila s manjom površinskom napetošću kvase vrlo dobro.

Ispitivanje površinske napetosti fenolnih ljepila i ljepila s dodatkom Silka silla (S) izvršeno je u laboratoriju tvornice »Chromos«, Pogon »Kutrilin«, Žitnjak. Ispitivanje je obavljeno na tenzometru proizvođačke »Lauda«, koji radi na principu ispitivanja sila koje djeluju na molekule na površini i nastoje ih uvući unutra i tako postići minimalnu površinu. Napetost površine mjeri se radnjom, koju treba izvršiti da se površina tekućine poveća za 1 cm², a izražava se u Nm⁻¹. Dobiveni rezultati ispitivanja pokazuju da postoji promjena uslijed dodavanja vatrozaštitnih sredstava ljepilu prema ljepilu bez dodatka. Sila napetosti samog ljepila kretala se između 0 i 0,07 Nm⁻¹, a sila napetosti ljepila sa zaštitnim sredstvom kretala se između 0 i 0,08 Nm⁻¹.

Sva ispitivanja u svrhu utvrđivanja utjecaja vatrozaštitnih sredstava na svojstva ljepila (mješavine) upozoravaju da postoji promjena. Promjena u svojstvu ljepila nije bila velika, osim što se dodavanjem vatrozaštitnih sredstava u ljepilo povećava njegov viskozitet, i smanjuje vrijeme.

3.0. PLAN POKUSA

Prema osnovnom zadatku i ciljevima istraživanja postavljeni su planovi pokusa kako slijedi:

* Stara jedinica dyn/cm

I plan pokusa sa (2³)

Oznaka faktora	Utjecajni faktori	Nivo djelovanja faktora		Napomena
		-	+	
A	Vrsta ljepila (KF, FF)	K. F.	F. F.	
B	Vrsta protupožarnih sredstava	Boraks + borna kiselina (1:1)	Silka sill (S) (SiO ₂)	
C	Količina protupožarnih sredstava za cijelu ploču u %	10	20	

II plan pokusa sa (2³):

D	Vrsta ljepila	K. F.	F. F.	
E	Vrsta protupožarnih sredstava	Boraks i borna kiselina (1:1)	Silka sill (S)	
H	Količina protupožarnih sredstava po sloju	VS : SS 15 : 10	VS : SS 20 : 5	

III plan pokusa sa (2³):

Z	Vrsta ljepila	K. F.	F. F.
X	Vrsta protupožarnog sredstva	Boraks i borna kiselina (1:1)	Silka sill (S)
Y	Količina protupožarnih sredstava po sloju (u % na suho iverje) nakon lijepljenja	5% na suho iverje	10% na suho iverje

IV plan pokusa na (2³):

Oznaka faktora	Utjecajni faktori	Nivo djelovanja faktora		Napomena
		-	+	
U	Vrsta ljepila	K. F.	F. F.	
F	Vrsta protupožarnih sredstava	Basilit Dreifach (KD)	Silka sill (S)	
O	Količina protupožarnih sredstava po sloju (u % na suho iverje) nakon lijepljenja	5% na suho iverje	10% na suho iverje	

4.0. ISPITIVANJE FIZIČKO MEHANIČKIH SVOJSTAVA IZRAĐENIH PLOČA IVERICA

Izrađene ploče iverice su ispitane prema JUS-u A.K2.003; D.C8.100, D.C8.102, D.C8.103, D.C8.107, D.C8.114, D.C5.030, D.C5.031 i A.A2.020. Rezultati ispitivanja pojedinih ploča su grupirani prema kombinacijama ljepila i zaštitnog sredstva. Za svaku kombinaciju odnosno vrstu ploča izvršena je statistička obrada podataka. Rekapitulacija rezultata ispitivanja fizičko-mehaničkih svojstava izrađenih ploča iverica po kombinacijama data je u tablici III.

5.0. METODE ZA ISPITIVANJE REAKCIJE NA VATRU

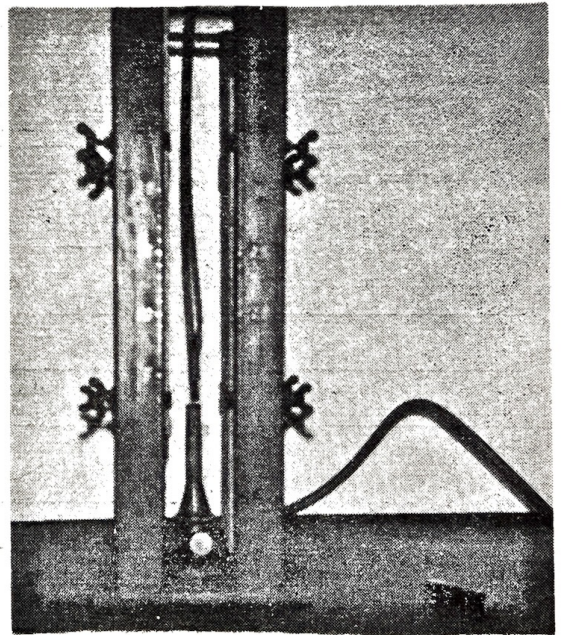
5.1. Modificirana Schlyterova metoda za ispitivanje brzine širenja plamena

Tu metodu primjenio je Regnar Schlyter u U. S. Forest Products Laboratory, Madison, a bila je namijenjena za mjerenje sklonosti površine materijale vertikalnom širenju vatre. Ta metoda pokazala se vrlo uspješnom za tu svrhu, a osobito za procjenu vatrootpornosti površinski zaštićenih materijala.

Aparat za ispitivanje sastoji se od željeznog okvira kao nosača uzorka i plamenika. Dimenzija uzorka koja se upotrebljava za ispitivanje ovom metodom je 300 × 787 × d mm, a preporučljiva vlaga uzorka pri ispitivanju je 7%. Uzorci su postavljeni jedan nasuprot drugom na udaljenosti od 50 mm, s tim da je jedan uzorak (lijevi) 100 mm iznad nivoa drugog, a u sredini između njih je bio plamenik. Na čeličnoj strani nosača uzorka s jedne i druge strane označena je graduacija (stupnjevanje) u cm radi omogućavanja očitavanja duljine širenja vatre po površini uzorka. U slučajevima kad se

pojavi vatra na površini uzorka treba odmah očitati visinu plamena i prijedeni put vatre po površini, što se u takvim slučajevima ponavlja svakih 15 sekundi. Plamenik se drži 3 min između uzorka i nakon toga se gasi, i pregleda stanje uzorka. Budući da je poznato vrijeme djelovanja vatre i prijedeni put koji se očitava na skali aparature, taj test omogućuje određivanje brzine širenja plamena.

Aparatura kojom se određivala brzina širenja prema Schlyterovoj metodi (sl. 1.) konstruirana je



Slika 1. Aparat za ispitivanje brzine širenja plamena s pirometrom za određivanje temperature plamena.

Fig. 1 — Apparatus for testing speed of flame spread with pyrometer for determination of flame temperature.

Tablica II
KOMBINACIJA I RAZINA DJELOVANJA UTJECAJNIH FAKTORA IZRAĐENIH VATROOTPORNH PLOČA IVERICATable II
COMBINATION AND LEVEL OF ACTION INFLUENTIAL FACTORS IN MANUFACTURED FIRE RETARDANT PARTICLEBOARDS

Oznaka kombinacije i izrađene ploče	Utjecajni faktori				Napomena
	Ljepilo	Kemijska sredstva	Postotak dodatnih sredstava za cijelu ploču (%)	Postotak dodanih sredstava po sloju (%)	
1	2	3	4	5	6
1.	K. F.	Boraksi borna kiselina	10	—	
2.	K. F.	Isto	20	—	Ploče su uspjele i imaju dobar vanjski izgled
3.	K. F.	Isto	—	15 : 10	
4.	K. F.	Isto	—	20 : 5	
5.	K. F.	Silka sill (S)	10	—	
6.	K. F.	Isto	20	—	Ploče su uspjele i imaju dobar vanjski izgled
7.	K. F.	Isto	—	15 : 10	
8.	K. F.	Isto	—	20 : 5	
9.	F. F.	Boraks i borna kiselina	5	—	Izrada ploče nije bila uspješna jer su se dodavanjem sredstava u ljepilo, sredstva skrućivala, a ljepilo vrlo brzo zgusnulo
10.	F. F.	Isto	10	—	
11.	F. F.	Isto	—	10 : 5	
12.	F. F.	Isto	—	10 : 0	
13.	F. F.	Silka sill (S)	10	—	
14.	F. F.	Isto	5	—	Ploče su uspjele i imaju dobar vanjski izgled
15.	F. F.	Isto	—	10 : 5	
16.	F. F.	Isto	—	10 : 0	
17.	K. F.	Boraks i borna kiselina	—	5 : 0	U ovoj kombinaciji sredstvo je dodano na gotovo oblijepljeno iverje. Ploče su uspjele i imaju dobar izgled
18.	K. F.	Isto	—	10 : 0	
19.	F. F.	Silka sill (S)	—	5 : 0	
20.	F. F.	Isto	—	10 : 0	
21.	K. F.	Basilit Dreifach (KD)	—	5 : 0	Sredstvo je dodano na gotovo oblijepljeno iverje. Ploče su uspjele
22.	F. F.	Basilit Dreifach (KD)	—	10 : 0	
23.	K. F.	Basilit Dreifach (KD)	10	—	Sredstvo je dodano u ljepilo. Ploče su uspjele
24.	F. F.	Basilit Dreifach (KD)	10	—	Sredstvo je dodano u ljepilo. Ploče nisu uspjele
25.	F. F.	Boraks i borna kiselina	—	5 : 0	Sredstvo je dodano na iverje prije oblijepljivanja. Ploče su uspjele. Kod dodavanja Basilita ploče su na površini dobile narančastu boju.
26.	F. F.	Isto	—	10 : 0	
27.	K. F.	Isto	—	15 : 0	
28.	K. F.	Basilit Dreifach (KD)	—	15 : 0	
0 ₁	K. F.	Bez sredstava	—	—	Uspjele ploče
0 ₂	K. F.	Bez sredstava	—	—	Uspjele ploče
F ₀	F. F.	Bez sredstava	—	—	Uspjele ploče
0 _B	K. F.	Boraks i borna kiselina	10	—	Sredstvo je dodano na oblijepljeno iverje. Ploče su uspjele.
0 _S	K. F.	Silka sill (S)	10	—	Sredstvo je dodano na oblijepljeno iverje. Ploče su uspjele.

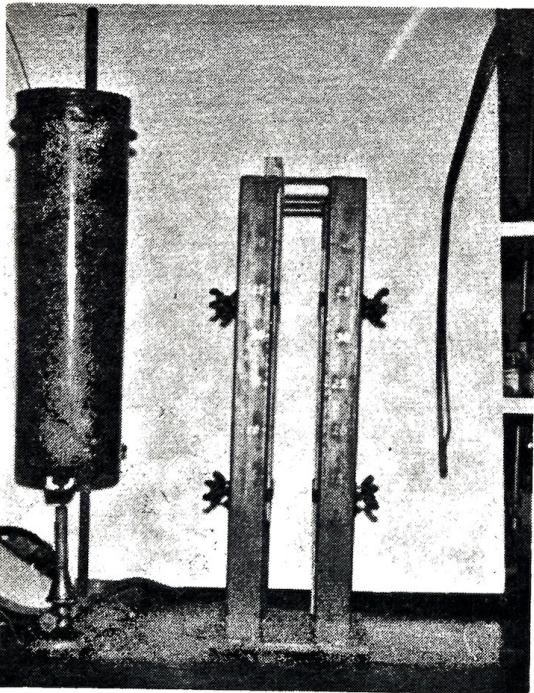
u Institutu za drvo u Zagrebu. Aparatura je adaptirana za dimenzije laboratorijski proizvedene iverice, dimenzije uzorka bile su $400 \times 150 \times d$ mm a udaljenost između ploča 50 mm.

Temperatura plamena mjerena je pirometrom, a plamen je reguliran tako da temperatura bude konstantno između 650 i 750° C. Izlaganje uzorka plamenu trajalo je 3 minute.

Ta konstrukcija modificirane Schlyterove metode predložena je Jugoslavenskom zavodu za standardizaciju za ispitivanje vatrootpornosti, odnosno brzine širenja plamena po površinski zaštićenim pločastim drvnim materijalima. Ona daje prilično pouzdane rezultate pomoću kojih se može odrediti stupanj vatrootpornosti materijala, a prikladan je zbog jednostavnosti, praktičnosti i ekonomičnosti.

5.2. Metoda ognjene cijevi

Metoda ognjene cijevi propisana je za ispitivanje vatrootpornosti materijala za brodove. Propisali su je GOST 16-363-75 i ASTM E-69050 za ispitivanje vatrootpornosti materijala. Ispitivanje se provodi tako da se uzorak dimenzija $150 \times 35 \times d$ mm postavi (objesi) unutar cilindra iznad plamenika. Udaljenost uzorka od plamenika, jačina plamena i dužina trajanja ispitivanja propisana je navedenim standardima. Na slici 2 se vidi aparatura i način ispitivanja.



Slika 2. Aparat za određivanje gubitka mase, lijevo (metoda ognjene cijevi). Desno uređaj za ispitivanje brzine širenja plamena (Fig. 2 — Apparatus for determination of volume density, on the left (method of fire tube). On the right a device for testing the speed of flame spread).

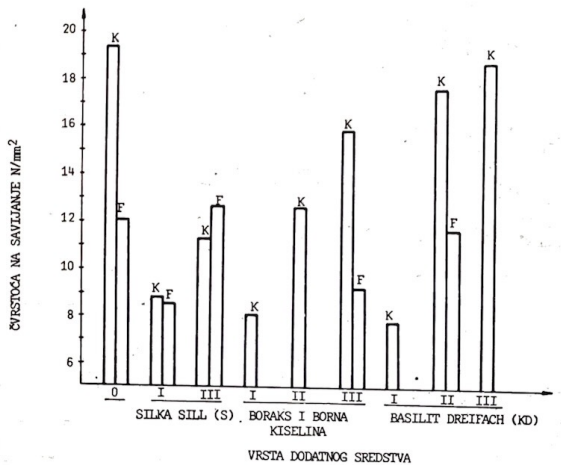
6.0. REZULTATI ISTRAŽIVANJA

Rezultati istraživanja prikazani su u tablici III U tablici su dani podaci za fizičko-mehanička svojstva ploča iverica izrađenih bez i sa dodatnim vatrozaštitnim sredstvom. Nadalje su dani rezultati, dobiveni metodom ognjene cijevi i modificiranim Schlyterovom metodom. Rezultati u tablici III su aritmetičke sredine podataka istraživanja.

7.0. ANALIZA REZULTATA ISPITIVANJA

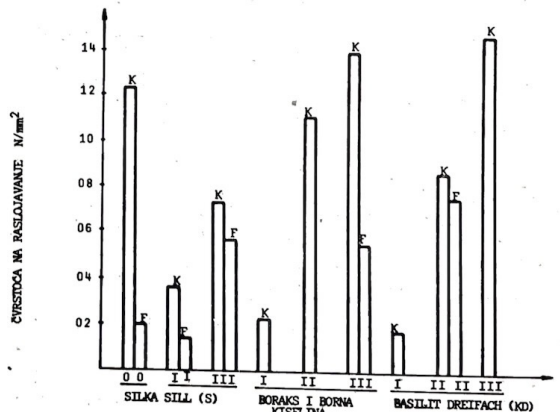
7.1. Fizičko mehanička svojstva izrađenih ploča

Analizom rezultata ispitivanja fizičko-mehaničkih svojstava izrađenih ploča (sl. 3, 4, 5) utvrđeno je da se čvrstoća na savijanje, čvrstoća na rasloja-



Slika 3. Utjecaj kemijskog sredstva i vrste ljepila na čvrstoću na savijanje. Legenda oznaka na ovom i ostalim crtežima: K = karb. ljepilo, F = fenolno ljepilo, O = bez sredstva (kontrolna ploča), I = sredstvo u ljepilu, II = sredstvo poslije oblijepljivanja, III = sredstvo prije oblijepljivanja

Fig. 3 — Effect of chemical agent and types of adhesives on bending strength.



Slika 4. Utjecaj kemijskog sredstva i vrste ljepila na čvrstoću na raslojavanje.

Fig. 4 — Effect of chemical agent and types of adhesives on tensile strength perpendicular to board plane

Tablica III
KOMPARATIVNI PRIKAZ REZULTATA DOBIVENIH ISPITIVANJEM FIZIČKO-MEHANIČKIH I
VATROOTPORNIH SVOJSTAVA IZRAĐENIH PLOČA

Table III
COMPARATIVE REVIEW OF THE RESULTS OBTAINED BY EXAMINATION OF PHYSICAL AND MECHANICAL PROPERTIES
AND FIRE RETARDANT PROPERTIES OF THE MANUFACTURED PARTICLEBOARDS

Oznaka ploča	Upotrijebljeno ljepilo	Upotrijebljena kemijska sredstva	Dodatno sredstvo	Mjesto dodavanja sredstva	Fizičko-mehanička svojstva				Vatrootpornost			
					Gustoća	Čvrstoća na savijanje	Čvrstoća na raslojavanje	Dubrenje	Metoda ognjene cijevi		Modificirana Schlyterova metoda	
									Gubit. mase	V _{tG}	Brzina širenja plamena mm/s	V _{tB}
(g/cm ³)	(N/mm ²)	(N/mm ²)	%	%	%	%						
1	K. F.	—	—	—	0,759	19,39	1,23	7,02	—	—	—	—
0 ₁	K. F.	—	—	—	0,759	19,49	1,25	7,20	8,36	100	0,69	100
F ₀	F. F.	—	—	—	0,678	12,01	0,18	12,53	13,54	100	0,94	100
0 _R	K. F.	B + B	10	Na iverje nakon oblijepljivanja	0,735	15,90	1,52	4,46	9,00	92,9	0,75	92,0
0 _S	K. F.	SL. SI.	10	Isto	0,745	11,60	0,79	12,00	7,23	116,0	1,08	63,89
1.	K. F.	B + B	10	U ljepilo za VS i SS	0,725	8,45	0,13	39,30	13,49	62,0	0,66	104,5
2.	K. F.	B + B	20	Isto	0,679	6,67	0,04	35,52	10,55	79,25	0,61	113,11
3.	K. F.	B + B	15 : 10	Isto	0,739	8,45	0,56	23,07	10,75	77,77	0,52	132,69
4.	K. F.	B + B	20 : 5	Isto	0,712	8,64	0,19	27,87	9,55	87,54	0,61	113,11
5.	K. F.	SL. SI	10	Isto	0,705	10,98	0,55	14,87	8,80	95,0	0,41	168,3
6.	K. F.	SL. SI	20	Isto	0,768	5,58	0,15	37,07	11,59	72,14	0,50	138,0
7.	K. F.	SL. SI	15 : 10	U ljepilo za VS:SS	0,699	6,27	0,35	17,75	11,02	75,87	0,41	168,3
8.	K. F.	SL. SI	20 : 5	Isto	0,740	10,28	0,40	20,37	11,14	75,05	0,55	125,45
9.	F. F.	B + B	5	Isto	—	—	—	—	—	—	—	—
10.	F. F.	B + B	10	Isto	—	—	—	—	—	—	—	—
11.	F. F.	B + B	10 : 5	Isto	—	—	—	—	—	—	—	—
12.	F. F.	B + B	10 : 0	Isto	—	—	—	—	—	—	—	—
13.	F. F.	SL. SI	10	Isto	0,710	5,05	0,04	27,85	20,63	65,64	0,52	180,7
14.	F. F.	SL. SI	5	Isto	0,725	8,28	0,10	28,87	14,39	94,1	0,50	188,0
15.	F. F.	SL. SI	10 : 5	Isto	0,707	12,48	0,36	12,37	13,92	97,30	0,47	200,00
16.	F. F.	SL. SI	10 : 0	Isto	0,739	8,18	0,07	30,12	14,88	91,0	0,52	180,7
17.	K. F.	B + B	5 : 0	Na oblijepljeno iverje	0,749	11,97	0,86	5,79	8,06	103,7	0,27	255,5
18.	K. F.	B + B	10 : 0	Isto	0,813	13,58	1,16	5,45	8,73	106,76	0,19	363,15
19.	F. F.	SL. SI	5 : 0	Isto	0,743	12,13	0,57	11,06	14,39	94,1	0,30	313,3
20.	F. F.	SL. SI	10 : 0	Na oblijepljeno iverje	0,745	12,60	0,57	12,00	—	—	—	—
21.	K. F.	Bas.	5 : 0	Isto	0,812	17,61	0,87	7,41	6,82	122,6	0,38	181,6
22.	F. F.	Bas.	10 : 0	Isto	0,766	11,75	0,76	8,21	7,74	174,9	0,38	147,4
23.	K. F.	Bas.	10	Isto	0,760	7,81	0,18	31,74	17,75	47,1	0,52	132,7
24.	F. F.	Bas.	10	U ljepilo za VS i SS	—	—	—	—	—	—	—	—
25.	F. F.	B + B	5 : 0	Na iverje prije oblijepljivanja	0,764	5,57	0,64	10,21	10,21	132,6	0,41	229,3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
26.	F. F.	B + B	10 : 0	Na iverje prije obljepjivanja	0,791	9,26	0,55	16,45	9,14	148,1	0,38	247,4
27.	K. F.	B + B	15 : 0	Na iverje prije obljepjivanja	0,784	15,88	1,40	4,39	7,70	108,57	0,16	431,25
28.	K. F.	Bas.	15 : 0	Isto	0,809	18,68	1,48	3,97	5,97	140,0	0,27	255,5

Napomena:

Ploče 9, 10, 11, 12 — dodatkom sredstva u ljepilo, smjesa se brzo zgušnjava

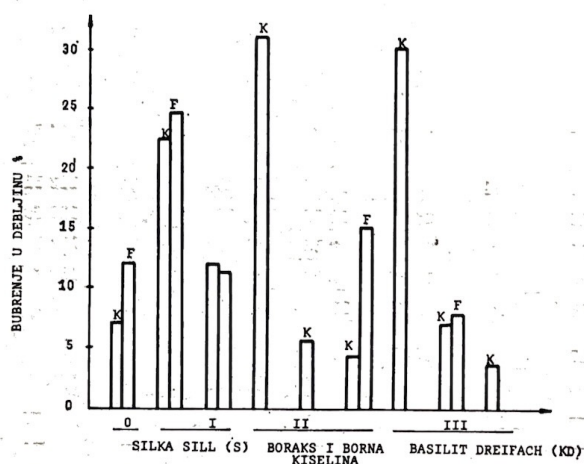
Ploče 20 — nisu izrađene zbog nedostatka kemijskog sredstva

Ploče 24 — sredstvo je stvorilo krutine u ljepilu i tako onemogućilo rad sa smjesom

B + B — borna kiselina + boraks (1:1)

SL. SI. — Silka Sill (S)

Bas. — Basilit Dreifach (KD)



Sl. 5 — Utjecaj kemijskog sredstva i vrste ljepila na bubrenje u debljinu.

Fig. 5 — Effect of chemical agent and types of adhesives on swelling in thickness

vanje i bubrenje, smanjuje u prosjeku za oko 10—20% kod ploča sa vatrozaštitnim sredstvima u odnosu na ploče bez tih sredstava.

Čvrstoća na savijanje, dodavanjem Silka silla u ljepilo kod K.F. ploča, smanjena je za oko 50%. Dodavanjem Silka-silla, nakon obljepjivanja iverja; smanjuje se čvrstoća na savijanje kod tih ploča za oko 40%. Kod ploča s FF ljepilom, dodavanjem Silka-silla u ljepilo, čvrstoća na savijanje se smanjila za oko 30%, a dodavanjem nakon obljepjivanja za samo 3%.

Dodavanjem boraksa i borne kiseline u ljepilo kod ploča izrađenih sa K.F. ljepilom čvrstoća na savijanje je smanjena za oko 60%, a nakon i prije obljepjivanja samo za oko 25%. Kod ploča izrađenih sa F.F. ljepilom, dodavanje boraksa i borne kiseline prije obljepjivanja, čvrstoća na savijanje se smanjila za oko 23%.

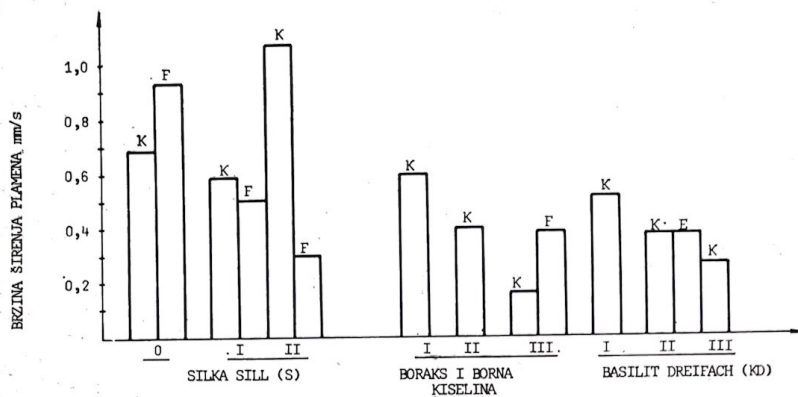
Dodavanjem basilit Dreifacha, (KD) u ljepilo, kod ploča izrađenih sa KF ljepilom, smanjila se čvrstoća na savijanje za oko 60%, nakon obljepjivanja za oko 9%, a prije obljepjivanja za samo

4%. Kod ploča izrađenih se FF ljepilom, dodavanjem Basilit Dreifacha nakon obljepjivanja smanjena je čvrstoća na savijanje za 4%.

O utjecaju dodavanja primijenjenih vatrozaštitnih sredstava na čvrstoću na raslojavanje može se reći da je bilo veće nego što se očekivalo. Dodavanjem Silka-silla u ljepilo kod ploča izrađenih sa KF ljepilom, smanjeno je raslojavanje za oko 70%, a dodavanjem nakon obljepjivanja za 36%. Kod ploča izrađenih sa FF ljepilom, raslojavanje se smanjilo za oko 23% dodavanjem Silka-silla u ljepilo, i čak 2 puta kad je dodano nakon obljepjivanja. Utjecaj dodavanja boraksa i borne kiseline bilo je manje. Ono je čvrstoću na raslojavanje smanjilo za oko 80% dodavanjem u ljepilo, kod ploče izrađene sa KF ljepilom, a dodavanjem nakon obljepjivanja smanjenje je bilo 20%, a 10% se čvrstoća raslojavanja povećala kad je dodano prije obljepjivanja. Kod ploča izrađenih sa FF ljepilom, dodavanjem boraksa i borne kiseline prije obljepjivanja povećala se čvrstoća na raslojavanje 2 puta.

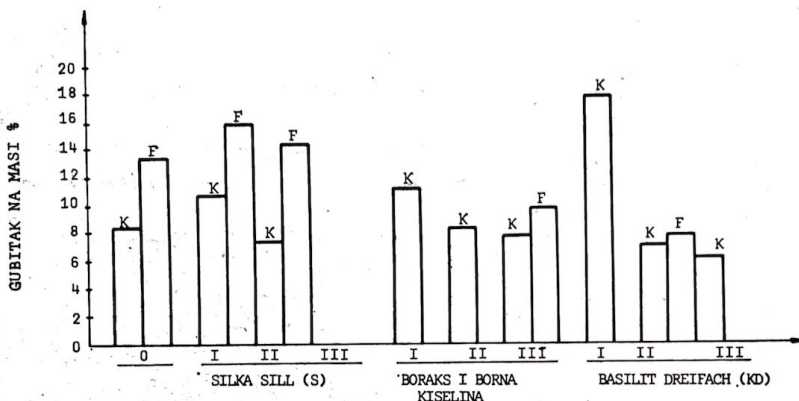
Basilit Dreifach je također imao različiti utjecaj na čvrstoću raslojavanja kod izrađenih ploča prema mjestu dodavanja. Kod ploča izrađenih sa KF ljepilom, dodavanjem u ljepilo raslojavanje ploča se smanjilo za oko 85%, a dodavanjem nakon obljepjivanja za 30%. Dodavanjem prije obljepjivanja čvrstoća se povećala za oko 20%. Kod ploča sa FF ljepilom, Basilit Dreifach je povećao čvrstoću na raslojavanje; kad je dodano nakon obljepjivanja, za oko 3 puta.

Bubrenje kod ploče izrađene sa KF ljepilom, dodavanjem Silka silla u ljepilo, povećalo se i do 300%, a dodavanjem nakon obljepjivanja za oko 60%. Kod ploča s FF ljepilom, dodavanjem istog sredstva u ljepilo, bubrenje se povećalo za oko 61%, a dodavanjem nakon obljepjivanja se smanjilo za oko 26%. Boraks i borna kiselina dodani u ljepilo, kod ploča sa KF ljepilom povećali su bubrenje za oko 40%. Njihovo dodavanje kod tih ploča, nakon obljepjivanja, smanjilo je bubrenje za oko 21%, a prije obljepjivanja za oko 38%. Kod ploča sa FF ljepilom dodavanje boraksa i borne kiseline prije obljepjivanja je povećalo bubrenje za oko 6%.



Sl. 8 — Gubitak na masi izrađenih ploča iverica, ispitanih pomoću metode ognjene cijevi, s obzirom na vrstu ljepila, vatrozaštitno sredstvo i mjesto dodavanja.

Fig. 8 — Density loss of manufactured particleboards tested by method of fire tube with regard to the type of adhesive, fire-retardant agent and place of admixture.



Sl. 9 — Brzina širenja plamena na izrađenim pločama ivericama ispitanim pomoću modificirane Schlyterove metode s obzirom na vrstu ljepila, vatrozaštitno sredstvo i mjesto dodavanja.

Fig. 9 — Flame spread speed on manufactured particleboards tested by means of modified Schlyter method with regard to the type of adhesive, fire retardant agent and place of admixture.

ZAKLJUČAK

Na osnovi dobivenih rezultata i njihove analize može se zaključiti slijedeće:

- 1) Dodavanjem vatrozaštitnih kemijskih sredstava smanjuje se gubitak mase (kod ispitivanja metodom ognjene cijevi) i smanjuje se brzina širenja plamena.
- 2) Dodavanjem upotrijebljenih vatrozaštitnih kemijskih sredstava u ljepilo (KF i FF) skraćuje se njegovo radno vrijeme.
- 3) Dodavanjem upotrijebljenih kemijskih sredstava smanjuju se fizičko-mehanička svojstva ploča iverica.
- 4) Utjecaj dodavanja vatrozaštitnih kemijskih sredstava na svojstva ploča je različit prema mjestu dodavanja sredstava i količini dodanih sredstava.
- 5) Ploče izrađene s KF ljepilom, za potrebe ovih istraživanja, pokazale su se uspješnijim nego s FF ljepilom,
- 6) Najbolja fizičko-mehanička svojstva ploča izrađenih s KF ljepilom dobivena su dodavanjem Basilit Dreifacha prije obljepljivanja i kod ploča izrađenih s FF ljepilom i dodatkom Basilita nakon obljepljivanja.
- 7) Najbolja vatrootporna svojstva dobivena su kod ploča s KF ljepilom uz dodavanje Boraksa i

borne kiseline prije obljepljivanja. Kod ploča izrađenih s FF ljepilom najbolja vatrootporna svojstva je dobivena dodatkom Basilit Dreifacha nakon obljepljivanja.

LITERATURA:

- [1] Arsenault, D. R.: Fire-retardant particleboard from treated flakes. For. Prod. Jour. 14 (1964) No. 1.
- [2] Deppen, N. J. and Lux, B. V.: The use of inorganic compounds in the production of particleboard materials of low flammability. Holz-Zentralblatt 93 (1967), 107.
- [3] Dinwoodie, M. J.: Today's Adhesives: Their properties and performance. (Particleboard Today and Tomorrow). International Particleboard Symposium FESPY 78. Congress Centrum Hamburg.
- [4] Draganov, S. M. (1968): Fire retardants in particleboard. Second P. Leb. Sympo. Proc. Washington. St. University, Pullman. 75 — 121.
- [5] Dreher, W. A., Goldstein, I. S.: Fire-retardant treatment for wood. For. Prod. Jour. 11 (1961) No. 5. 235 — 237.
- [6] Sell, Y.: Particleboard for External Walls. Particleboard Symposium FESPY 78, Congress Centrum Hamburg.
- [7] Maloney, T. M.: Resin distribution in Layered Particleboard. For. Prod. Jour. 20 (1970), No. 1, 43 — 52.
- [8] Myers, G. C., Holmes, C. A.: Fire-retardant treatment for Dryformed hardboard. For. Prod. Jour. 25 (1975), No. 1.
- [9] Salah El. Omer: Vatrootporna ploče iverice za građevinarstvo i brodogradnju. Disertacija. Sumarski fakultet sveučilišta u Zagrebu — Rukopis. S. 1 — 243. Zagreb, 1983.
- [10] Salah El. Omer: Laboratorijska ispitivanja mogućnosti proizvodnje vatrootpornih iverica. Drvna industrija 33 (1983): 3 — 4, str. 75 — 82.
- [11] Schaeffler, R. F. Cure rate of resorcinol and phenol-resorcinol adhesives in joints of ammonium salt-treated Southern pine. (1970) U. S. D. A. Gov. Serv. Research paper 121. For. Prod. Laboratory, Madison, Wisc.
- [12] Syska, A. D.: Exploratory investigation of fire-retardant treatments for Particleboard. USDA Forest Service, For. Prod. Lab. Pres. Note FPL 0201.

Recenzent: prof. dr V. Bručić

Basilit Dreifach kod KF ploča, dodan u ljepilo, povećao je bubrenje za 240%, a kad je dodan nakon obljepljivanja povećanje je bilo oko 4%. Dodan prije obljepljivanja smanjuje bubrenje za oko 44%. Kod ploča sa FF ljepljivom, dodavanjem Basilita nakon obljepljivanja, smanjilo se bubrenje za oko 50%. Na slikama 3, 4. i 5. prikazan je utjecaj dodavanja kemijskih sredstava na fizička i mehanička svojstva ispitanih iverica.

8.1. Vatrootporna svojstva izrađenih ploča

Rezultati ispitivanja vatrootpornih svojstava, pokazateljima gubitka na masi i brzine širenja plamena, bili su vrlo različiti (Sl. 6. i 7.). Gubitak kod ploča izrađenih karbamidnim ljepljivom i fenolnim ljepljivom bio je ispod 20%. Prema propisima GOST: 16-383-75 odnosno ASTM E-69-50 te ploče spadaju u kategoriju teško gorivih materijala. Brzina širenja plamena određena pomoću modificirane Schlyterove metode, kod ploča izrađenih karbamidnim i formaldehidnim ljepljivama, relativno je mala. Napominje se da brzina širenja plamena za prvu klasu, propisana prema B.S. 476 (British standard) odnosno JUS-u U.S1.060 (165 mm u 10 s), iznosi 1,65 mm/s, a kod ploča u ovim istraživanjima iznosila je od 0,27 — 1,08 mm/s. Može se reći da je brzina širenja plamena kod tih ploča zadovoljavajuća.

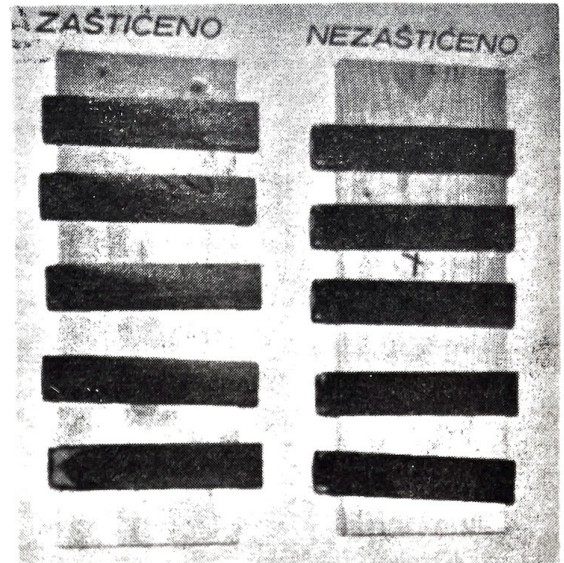
Vatrootpornost ploča iskazana gubitkom na masi, dodavanjem Silka-silla kod ploče s KF ljepljivom u ljepljivo, povećala se za oko 27%, a dodavanjem nakon obljepljivanja se smanjila za oko 14%. Kod FF ploča sa Silka-sillom, ona se, nakon dodavanja sredstava u ljepljivo, povećala za oko 18%, a nakon obljepljivanja za oko 7%.

Vatrootpornost ploča iskazana gubitkom na masi, kad se dodao boraks i borna kiselina kod KF ploča u ljepljivo, povećala se za oko 32%, a dodan nakon obljepljivanja smanjila se za oko 1%, a dodan prije obljepljivanja za oko 8%. Kod FF ploča ta sredstva dodana prije obljepljivanja smanjila su gubitak na masi za oko 30%.

Basilit Dreifach, kod ploče s KF ljepljivom dodanim u ljepljivo, povećao je vatrootpornost iskazanu gubitkom na masi, za oko 112%, a dodan nakon obljepljivanja smanjio je vatrootpornost za oko 20%, a prije obljepljivanja za oko 30%. Kod ploča sa FF ljepljivom, Basilit Dreifach, dodan nakon obljepljivanja, smanjio je gubitak na masi za oko 43%.

Općenito, utjecaj dodavanja vatrozaštitnih sredstava na pokazatelj brzinu širenja plamena je pozitivniji nego na pokazatelj gubitak na masi. Dodavanjem Silka-silla, kod ploče izrađene sa KF ljepljivom u ljepljivo, smanjena je brzina širenja plamena za oko 15%, a dodavanje nakon obljepljivanja je povećalo za oko 56%. Kod FF ploča ta sredstva dodana u ljepljivo smanjuju brzinu širenja plamena za oko 47%, a dodana nakon obljepljivanja za oko 70%.

Boraks i borna kiselina, kod ploča sa KF ljepljivom dodanim u ljepljivo, smanjili su brzinu širenja plamena za oko 14%, nakon obljepljivanja za 43%, a prije obljepljivanja za oko 70%. Kod ploča sa



Slika 6. Uzorci ispitivanja metodom ognjene cijevi (zaštićeno i nezaštićeno)

Fig. 6. — Test pieces with fire tube method (treated and untreated)



Slika 7. Uzorci nakon ispitivanja brzine širenja plamena

Fig. 7 — Test pieces upon testing of flame spread speed

FF ljepljivom, boraks i borna kiselina dodani prije obljepljivanja smanjili su brzinu širenja plamena za oko 60%.

Basilit Dreifach, kod ploča sa KF ljepljivom dodanim u ljepljivo, smanjio je brzinu širenja plamena za oko 25%, nakon obljepljivanja za oko 45%, a prije obljepljivanja za oko 60%. Kod ploča izrađenih s FF ljepljivom, Basilit Dreifach, dodan nakon obljepljivanja, smanjio je brzinu širenja plamena za oko 60%. Na grafikonima (Sl. 8. i 9.) prikazan je utjecaj dodavanja kemijskih sredstava na vatrootporna svojstva izrađenih ploča.